

2FW

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

**In re Application of:** Sikora  
**Application No.:** 10/767667  
**Filed:** January 29, 2004  
**For:** METHOD AND DEVICE FOR THE  
DETERMINATION OF THE THICKNESS OF  
THE INSULATION OF A FLAT RIBBON CABLE  
IN THE REGION OF THE CONDUCTOR PATHS  
  
**Examiner:**  
**Group Art Unit:** 2882

Mail Stop \_\_\_\_\_  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Docket No.: H01.2B-11459-US01

TRANSMITTAL LETTER

1. In regard to the above-identified application, in addition to this 2 page transmittal letter, we are submitting the attached: Certified Copy of Priority Document for filing in the above matter, and post card.
2. With respect to fees:
  - ☒ No additional fee is required.
  - ☐ Attached is check(s) in the amount of \$
  - ☐ Charge additional fee to our Deposit Account No. 22-0350.
3. **CONDITIONAL PETITION FOR EXTENSION OF TIME**

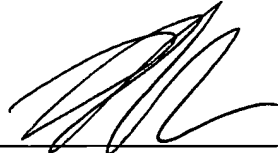
This conditional petition is being filed along with the papers identified in Item 1 above and provides for the possibility that Applicant has inadvertently overlooked the need for a petition and fee for extension of time or for a petition and fee for any other matter petitionable to the Commissioner as required. If any extension of time for the accompanying response is required or if a petition for any other matter is required, by petitioner, Applicant requests that this be considered a petition therefor.
4. Notwithstanding paragraph 2 above, if any additional fees associated with this communication are required and have not otherwise been paid, including any fee associated with the Conditional Petition for Extension of Time, or any request in the accompanying papers for action which requires a fee as a petition to the Commissioner, please charge the additional fees to Deposit Account No. 22-0350.

Please charge any additional fees or credit overpayment associated with this communication to the Deposit Account No. 22-0350.

Respectfully submitted,

VIDAS, ARRETT & STEINKRAUS

Date: 6/24/04


By:   
Richard A. Arrett  
Registration No.: 33153

6109 Blue Circle Drive, Suite 2000  
Minnetonka, MN 55343-9185  
Telephone: (952) 563-3000  
Facsimile: (952) 563-3001

f:\wpwork\raa\11459us01\_tra\_20040623.doc

**Certificate Under 37 CFR 1.8:** I hereby certify that this Transmittal Letter and the paper(s) as described herein, are being deposited in the U.S. Postal Service, as FIRST CLASS MAIL, addressed to Mail Stop \_\_\_\_\_, Commissioner for Patent, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on

6-24-04

  
Julie Emerson

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 07 356.6

**Anmeldetag:** 21. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** SIKORA AG,  
Bremen/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Dicke  
der Isolation eines Flachkabels in Bereichen der  
metallischen Leiterbahnen

**IPC:** G 01 B, G 01 N, G 01 T

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 09. Januar 2004

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

H013

PATENTANWÄLTE  
DR.-ING. H. NEGENDANK (-1973)  
HAUCK, GRAALFS, WEHNERT, DÖRING, SIEMONS, SCHILDBERG  
HAMBURG - MÜNCHEN - DÜSSELDORF

PATENT- U. RECHTSANW. · POSTFACH 11 31 53 · 20431 HAMBURG

46 144-19

SIKORA AG  
Bruchweide 2

D-28307 Bremen

EDO GRAALFS, Dipl.-Ing.  
NORBERT SIEMONS, Dr.-Ing.  
PETER SCHILDBERG, Dr., Dipl.-Phys.  
DIRK PAHL, Rechtsanwalt  
Neuer Wall 41, 20354 Hamburg  
Postfach 11 31 53, 20431 Hamburg  
Telefon (040) 36 67 55, Fax (040) 36 40 39  
E-mail hamburg@negendank-patent.de

HANS HAUCK, Dipl.-Ing. (-1998)  
WERNER WEHNERT, Dipl.-Ing.  
Mozartstraße 23, 80336 München  
Telefon (089) 53 92 36, Fax (089) 53 12 39  
E-mail munich@negendank-patent.de

WOLFGANG DÖRING, Dr.-Ing.  
Mörkestraße 18, 40474 Düsseldorf  
Telefon (0211) 45 07 85, Fax (0211) 454 32 83  
E-mail duesseldorf@negendank-patent.de

ZUSTELLUNGSANSCHRIFT/ PLEASE REPLY TO:

HAMBURG, 20. Februar 2003

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Dicke der Isolation  
eines Flachkabels in Bereichen der metallischen Leiterbahnen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der Dicke der Isolation eines Flachkabels im Bereich der metallischen Leiterbahnen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Insbesondere in der Automobilindustrie kommen zunehmend Flachleitungen bzw. Flachkabel zur Anwendung. Flachkabel weisen eine Mehrzahl von strangförmigen Flachleiterbahnen auf, die in geringem Abstand nebeneinander angeordnet und in Isoliermaterial eingebettet sind. Die Breite der einzelnen Leiterbahnen variiert je nach Verwendung erheblich, z.B. von 0,5 bis 20 mm. Die Dicke der Leiterbahnen ist annä-

.../2

hernd gleich und liegt typisch bei 0,2 mm. Die Gesamtdicke des Flachkabels ergibt sich aus der Dicke der Flachleiter und der auf beiden Seiten aufgetragenen Isolierschichten. Eine typische Dicke der Isolierschichten beträgt 0,15 mm. Die Gesamtdicke des Flachkabels liegt daher bei etwa 0,5 mm.

Derartige Flachkabel haben den Vorteil, daß mit diesen eine automatische Konfektion erfolgen kann, d.h. eine automatische Kontaktierung mit anderen Leitungen, Steckern oder dergleichen. Hierfür ist jedoch unerlässlich, daß die Leiterbahnen eine präzise Positionierung innerhalb der Isolationshülle aufweisen. Für den Anwender ist jedoch ebenfalls wichtig zu wissen, ob die Dicke der Isolationsschichten, insbesondere oberhalb und unterhalb der Leiterbahnen einen vorgegebenen Wert aufweisen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Dicke der Isolation eines Flachkabels im Bereich der metallischen Leiterbahnen anzugeben. Darüber hinaus soll mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Positionsbestimmung der Leiterbahnen innerhalb der Isolation des Flachkabels möglich sein.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Seite des Flachkabels mittels eines Röntgenstrahls bestrahlt, und auf der gleichen Seite des Flachkabels und/oder auf der

gegenüberliegenden ist ein Detektor angeordnet, der für die von der Leiterbahn ausgehenden Röntgenlumineszenzstrahlung empfindlich ist und die Intensität der Röntgenlumineszenzstrahlung mißt. Eine Abschirmung sorgt dafür, daß auf den Detektor keine primäre Röntgenstrahlung auftrifft.

Bei der mehr oder weniger intensiven Bestrahlung der Leiterbahnen des Flachkabels mit einer Röntgenstrahlung mittlerer Energie, z.B. 35 bis 100 keV, entsteht in den metallischen Leiterbahnen eine Sekundärstrahlung in einem niedrigeren Energieband. Diese Strahlung wird als Röntgenlumineszenzstrahlung bezeichnet. Sie liegt bei Kupferleitern im wesentlichen bei 8 keV. Die Röntgenlumineszenzstrahlung dringt durch die Isolationsschicht und wird vom Detektor empfangen. Obwohl die Isolationsschicht relativ dünn ist, erfährt die Sekundärstrahlung eine merkliche Abschwächung. Diese Abschwächung ist ein Maß für die Wanddicke der Isolation und kann, wenn die spezifischen Absorptionswerte des Isolationsmaterials für die Lumineszenzstrahlung bekannt sind, direkt in ein Längenmaß für die Wanddicke umgerechnet werden.

Mit Hilfe der beschriebenen Anordnung ist es auch möglich, die Unterschiede zwischen den Leiterbahnen und der Isolation zu messen. Während von den Leiterbahnen die erwähnte Lumineszenzstrahlung ausgeht und vom Detektor gemessen wird, ist im Bereich der reinen Isolation zwischen den benachbarten Leiterbahnen keine solche Sekundärstrahlung festzustellen. Man kann daher mit dem beschriebenen Meßverfahren

auch die seitlichen Positionen der Leiterbahnen bestimmen. Hierzu gibt es auch eine andere Auswertemöglichkeit, auf die weiter unten eingegangen wird.

Es sind verschiedene Anordnungen denkbar, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Eine besteht darin, die Erstreckung der Auftrefffläche des Röntgenstrahls auf das Flachkabel quer zu diesem klein zu halten im Verhältnis zur Breite der Leiterbahnen. Zwischen dem Röntgenstrahl und dem Flachkabel wird eine Relativbewegung erzeugt, wodurch der Röntgenstrahl nach und nach die gesamte Breite des Flachkabels überstreicht. Die Empfangsfläche des Detektors wird relativ groß ausgeführt wegen der relativ geringen Intensität der Lumineszenzstrahlung. Auf die Empfangsfläche trifft jedoch nur diejenige Strahlung, die durch den engen Röntgenstrahl erzeugt wird. Es ist zwar denkbar, die Röntgenquelle stationär zu halten und das Flachkabel quer zum Röntgenstrahl zu bewegen, vorzuziehen ist eine Bewegung der Röntgenquelle bzw. des Röntgenstrahls bei quasi stationärer Anordnung des Flachkabels in Querrichtung. Es versteht sich, daß dabei das Flachkabel in Längsrichtung vorbewegt werden kann.

Um eine möglichst hohe Ortsauflösung zu erzielen, ist die Ausdehnung der Auftrefffläche des Röntgenstrahls auf dem Flachkabel in Querrichtung klein zu machen. Hierzu ist vorzugsweise ein Kollimator vorgesehen oder eine Vorrichtung zur Bündelung des Röntgenstrahls. Beide Vorkehrungen sind in der Röntgentechnik an sich bekannte Maßnahmen.

Um einerseits eine hohe Auflösung zu erhalten, andererseits dem Detektor ausreichende Energie der Sekundärstrahlung zukommen zu lassen, ist nach einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß die Ausdehnung des Röntgenstrahls in Längsrichtung des Flachkabels ein deutlich höheres Maß hat als quer dazu.

Es wurde bereits erwähnt, daß man mit Hilfe einer derartigen Anordnung, wenn sie im Abtastbetrieb gefahren wird, auch die Kantenposition der Leiterbahnen feststellbar ist. Es ist nach einer Ausgestaltung der Erfindung vorzuziehen, wenn dies mit Hilfe eines Röntgendetektors für die Primärstrahlung erfolgt, der auf der der Röntgenquelle gegenüberliegenden Seite des Flachkabels angeordnet ist. Naturgemäß ändert sich die Intensität der empfangenen Röntgenstrahlung in Abhängigkeit davon, ob die Strahlung das Flachkabel im Bereich der Leiterbahnen oder im Bereich der Isolierung durchdringt. Auf diese Weise ist es ohne weiteres möglich, festzustellen, an welcher Stelle die Leiterbahnen im Verhältnis zur Breitendimension des Flachkabels angeordnet sind. Mit Hilfe einer derartigen Anordnung ist es auch möglich, die Gesamtdicke des Flachkabels zu ermitteln. Die Differenz zwischen der gemessenen Intensität im Bereich außerhalb des Flachkabels und im Bereich der Isolation ist ein Maß für die Gesamtdicke des Flachkabels. Darüber hinaus kann festgestellt werden, ob die Isolation zwischen benachbarten Leiterbahnen eine verminderte Dicke aufweist, beispielsweise durch Schrumpfung „engeschnürt“ ist.



Die Position der Leiterbahnen bezieht sich naturgemäß auf die Seitenkante des Flachkabels. Mit Hilfe der beschriebenen Anordnung kann auch die Seitenkante ermittelt werden, um auf diese bezogen, die übrigen Positionen der Leiterbahnen und der Abschnitte zwischen den Leiterbahnen zu ermitteln. Es kann vorteilhaft sein, einen separaten Kantendetektor vorzusehen, mit dessen Hilfe die Seitenkanten eines Flachkabels präzise bestimmt werden können. Hierzu kann eine einfache optische Anordnung verwendet werden. Ein derartiger Kantendetektor erlaubt auch Seitenbewegungen des Flachkabels während der Messung zu kompensieren, die sonst zu Meßfehlern führen würden.

Wird das Flachkabel mit einem punktförmigen oder mit einem in Längsrichtung des Flachkabels linienartigen Röntgenstrahl bestrahlt, kann, wie schon erwähnt, die Empfangsfläche des Detektors für die Röntgenlumineszenzstrahlung groß ausgebildet sein. Es ist jedoch alternativ möglich, einen relativ großflächigen Röntgenstrahl auf das Flachkabel zu richten, und dabei das Gesichtsfeld des Empfangsdetektors klein zu halten, d.h. die Möglichkeit zu schaffen, daß der Detektor nur punktförmig bzw. linienförmig das Flachkabel quer zur Laufrichtung abtastet. In einem solchen Fall kann der Röntgendetektor zur Positionsbestimmung der Leiterbahnen als Zeilendetektor ausgebildet sein.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht eine Röntgenquelle vor, die an einem geeigneten Halter angebracht ist. An

dem gleichen Halter kann auch der Röntgenlumineszenzdetektor angebracht werden; vorzugsweise ist eine Anordnung vorgesehen derart, daß der Halter quer zur Längserstreckung bzw. Bewegungsrichtung des Flachkabels bewegt werden kann, um das Flachkabel abzutasten. Ist außerdem auf der gegenüberliegenden Seite ein Röntgendetektor vorgesehen, wird dieser ebenfalls synchron mitbewegt, insbesondere dann, wenn er aus einem oder mehreren punktförmigen Empfängern besteht. Ist der Röntgendetektor hingegen als Zeilendetektor ausgebildet, der sich über die Breite des Kabels erstreckt, kann der Zeilendetektor stationär bleiben, wenn die Röntgenquelle zusammen mit dem Lumineszenzdetektor sich quer zur Fortbewegungsrichtung des Kabels bewegt. Wird das Kabel mit der Röntgenstrahlung großflächig bestrahlt, kann auch die Röntgenquelle stationär sein, so daß lediglich der Detektor für die Röntgenlumineszenzstrahlung eine Abtastbewegung quer zum Kabel durchführt.

Befinden sich Röntgenquelle und Röntgenlumineszenzdetektor auf einer Seite des Flachkabels und ist auf der gegenüberliegenden Seite des Flachkabels eine für Röntgenstrahlung undurchdringliche, jedoch anregbare Anordnung vorgesehen, beispielsweise eine Kupferfolie oder dergleichen, können mit einer derartigen Anordnung sowohl die Wanddicke der Isolation oberhalb der Leiterbahnen als auch die gesamte Isolationswanddicke gemessen werden. Die Röntgenstrahlung regt in der Kupferfolie eine Sekundärstrahlung oder Lumineszenzstrahlung an, welche in den Bereichen außerhalb der Leiterbahnen die Isolation durchdringt und abgeschwächt vom Lumineszenzdetektor empfangen wird.

Es versteht sich, daß für die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Auswertevorrichtung vorgesehen ist, mit welcher die Meßsignale der Detektoren ausgewertet werden zur Ermittlung der einzelnen Parameter eines Flachkabels.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines in Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt schematisch perspektivisch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 zeigt ein Diagramm einer Röntgentransmissionsmessung eines Flachkabels,

Fig. 3 zeigt ein Diagramm aus einer Röntgenlumineszenzmessung des Flachkabels nach Fig. 1,

Fig. 4 zeigt ein Diagramm ähnlich dem nach Fig. 2 mit tatsächlichen Meßwerten,

Fig. 5 zeigt ein Diagramm ähnlich dem nach Fig. 3 mit tatsächlichen Meßergebnissen,

Fig. 6 zeigt eine ähnliche Anordnung wie Fig. 1, jedoch in einer abgewandelten Meßanordnung,

Fig. 7 zeigt ein Diagramm aus einer Röntgenlumineszenzmessung des Flachkabels nach Fig. 6.

In Fig. 1 ist ein Flachkabel 10 schematisch im Querschnitt dargestellt. Es weist fünf Flachleiterbahnen 12, z.B. aus Kupfer, unterschiedlicher Breite, jedoch gleicher Dicke auf, die in bestimmten Abständen voneinander in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind. Die Anordnung der Flachleiter 12 ist in eine Isolation 14 eingebettet.

Das Flachkabel 10 wird senkrecht zur Zeichenebene in seiner Längsrichtung von einer nicht gezeigten Fördervorrichtung gefördert. Es bewegt sich dabei zwischen Schenkeln 16, 18 eines U-förmigen Halters 20. Im oberen Schenkel 16 ist eine Röntgenquelle 22 angeordnet. Im unteren Schenkel 18 ist der Röntgenquelle 22 gegenüberliegend ein Röntgendetektor 24 angeordnet. Im oberen Schenkel 16 ist im Abstand zur Röntgenquelle ein Röntgenlumineszenzdetektor 26 angeordnet.

Die Röntgenquelle 22 ist nur schematisch angedeutet. Sie erzeugt einen Röntgenstrahl 30, der annähernd senkrecht auf der Ebene des Flachkabels 10 steht. Der Röntgenstrahl 30 hat in Querrichtung des Flachkabels 10 eine sehr geringe Ausdehnung, ist jedoch in Längsrichtung des Flachkabels 10 länglich, so daß sich eine linienartige Auftrefffläche auf dem Flachkabel 10 ergibt.

Der Röntgendetektor 24 ist mit einer sehr kleinen Empfangsfläche versehen (linienartig). Es können auch mehrere linienartige Sensoren vorgesehen werden. Die Empfangsfläche des Lumineszenzdetektors 26 ist im Verhältnis dazu relativ groß.

Während der Messung wird der Halter 20 in Richtung des Doppelpfeils 32 von einer nicht gezeigten Antriebsvorrichtung hin und her bewegt, so daß der Röntgenstrahl 30 über die gesamte Breite des Flachkabels 20 traversiert. Diese Traversierbewegung erfolgt fortlaufend hin und her bei konstanter Vorwärtsbewegung des Flachkabels 10.

Die Leiterbahnen 12 bestehen aus Metall, beispielsweise Kupfer. Kupfer hat im Hinblick auf Röntgenstrahlung einen sehr kleinen Transmissionsfaktor. Zwischen den Leiterbahnen 12 befindet sich ausschließlich eine Isolation, die für die Röntgenstrahlung weitgehendst durchlässig ist. Bewegt sich mithin der Röntgenstrahl 30 über die Breite des Flachkabels 10, ergibt sich ein Diagramm nach Fig. 2, in dem die Intensität des empfangenen Röntgenstrahls in Abhängigkeit von der Breite B des Flachkabels 10 aufgetragen ist. Die dabei entstehenden Pulse 34 geben die Intensität in den Abständen zwischen benachbarten Leiterbahnen 12 wieder. Im Bereich der Leiterbahnen 12 findet gemäß Fig. 2 eine relativ hohe Abschirmung statt, die gemessene Intensität ist mithin gering, etwa 25%. Die Kanten 36 der Pulse geben mithin präzise die Lage der Leiterbahnen 12 wieder im Hinblick auf die Seitenkanten des Flachkabels 10. Entspricht der Nullpunkt im Diagramm einer Seitenkante des Flachkabels 10, wird eine Referenz für die Lage der Kanten 36 und damit für die Lage der Leiterbahnen 12 erhalten. Mit Hilfe

der beschriebenen Meßvorrichtung kann daher festgestellt werden, ob bei der Herstellung des Flachkabels die Leiterbahnen 12 in der vorgegebenen Position angeordnet sind. Es versteht sich, daß für die Auswertung der Signale des Röntgendetektors 24 eine geeignete Auswertevorrichtung vorzusehen ist, die hier nicht gezeigt ist.

Der Abstand der Pulse 34 vom Intensitätsniveau 100% entspricht der Gesamtdicke  $w_1$  der Isolation zwischen den Leiterbahnen.

Trifft eine Röntgenstrahlung z.B. auf Metall, wird eine Sekundärstrahlung angeregt, die von dem Auftreffort emittiert wird. Dies ist in Fig. 1 bei 40 angedeutet. Die emittierte Strahlung, eine Röntgenlumineszenzstrahlung, liegt auf einem deutlich niedrigeren Energieniveau als der Röntgenstrahl 30. Daher wird die Strahlung 40 in gewissem Maße durch die Isolationsschicht absorbiert, die sich oberhalb der Leiterbahnen 12 befindet. Der Detektor 26 ist mit einer relativ großen Empfangsfläche versehen, um die energieweichere Strahlung in ein verwertbares Signal umzuwandeln.

In Fig. 3 ist die Intensität dieser Lumineszenzstrahlung über die Breite des Flachkabels 10 aufgetragen. Es ergeben sich Pulse 42 in den Bereichen, in denen eine Leiterbahn 12 liegt und Pulslücken zwischen den Pulsen, in denen reine Isolation zwischen den Leiterbahnen 12 vorliegt, die naturgemäß keine Lumineszenz bewirkt. Der Abstand der Pulse 42 von einem Intensitätsniveau 43 ohne Isolation entspricht der Wanddicke  $w_2$  der Isolation oberhalb einer Leiterbahn.

Es ist denkbar, den Röntgendetektor 24 fortzulassen und nur mit dem Detektor 26 zu arbeiten, wenn neben der Dicke der Isolation oberhalb der Leiterbahnen 12 auch die Position der Leiterbahnen ermittelt werden soll. Es ist jedoch nicht möglich, mit Hilfe einer solchen Anordnung die Dicke des Flachkabels 10 bzw. seiner Isolation zu bestimmen.

Zwischen dem Röntgenstrahl 30 und dem Detektor 26 muß eine Abschirmung vorgesehen werden, welche dafür sorgt, daß keine Röntgenstrahlung auf den Detektor 26 fällt.

Es ist auch möglich, einen weiteren Detektor, entsprechend Detektor 26, am Schenkel 18 anzuordnen, wie dies in Fig. 1 gestrichelt angedeutet ist, denn der Röntgenstrahl 30 erzeugt auch eine Sekundärstrahlung nach Durchdringung des Kupferleiters an dessen unterer Seite, die nach unten in Richtung des Schenkels 18 austritt. Sie ist zwar schwächer als die Strahlung 40, kann jedoch gleichfalls gemessen werden. Damit läßt sich die Dicke der Isolationsschicht auf der Unterseite der Leiterbahnen 12 messen. Der Einfluß der oberen Schicht ist für diesen Detektor vernachlässigbar, weil, wie schon erwähnt, sie für den Röntgenstrahl 30 nahezu durchlässig ist. Naturgemäß kann die Dicke der unteren Isolationsschicht auch durch eine aus einer zweiten Röntgenquelle und einem Lumineszenzstrahlungsdetektor bestehende zweite Meßanordnung bestimmt werden.

Um eine begrenzte Auftrefffläche des Röntgenstrahls 30 auf dem Flachkabel 10 zu erzeugen, können geeignete Mittel, wie z.B. ein Kollimator oder eine Vorrichtung zur Bündelung des Röntgenstrahls vorgesehen werden. Wird eine solche Strahlenbegrenzung nicht vorgenommen, ist auch denkbar, zwischen dem Detektor 26 und dem Flachkabel eine Anordnung vorzusehen, welche ermöglicht, daß der Detektor 26 nur jeweils ein Flächenelement auf dem Flachkabel betrachtet, indem ihm eine Blende oder dergleichen vorgeordnet wird.

In Fig. 1 ist der Detektor 26 in relativ großer Erstreckung quer zum Flachkabel 10 dargestellt. Es ist jedoch vorzuziehen, die Haupterstreckung dieses Detektors 26 in Längsrichtung des Flachkabels 10 vorzusehen. Es ist schließlich auch denkbar, mehrere derartige Detektoren für die Röntgenlumineszenz zu verwenden, z.B. in Längsrichtung und in Querrichtung des Flachkabels 10 angeordnet ist.

Es ist auch denkbar, alternativ zum linienförmigen Röntgendetektor 24 eine Detektorzeile vorzusehen mit einer Anzahl von relativ kleinen eng zusammenliegenden Sensorelementen. Eine solcher Detektorzeile wäre dann stationär anzuordnen, während Röntgenquelle und/oder Detektor 26 über das Flachkabel traversieren.

Es wurde erwähnt, daß mit Hilfe etwa des Diagramms nach Fig. 2 die Seitenkanten des Flachkabels 10 genauso ermittelt werden können, wie die Seitenkanten der Leiterbah-



nen 12. Es ist jedoch im Hinblick auf die Seitenkanten insofern eine Unsicherheit vorhanden, da die Abschwächung des Röntgenstrahls 30 durch die Isolation 14 sehr gering ist. Es kann daher vorteilhaft sein, statt dessen einen zusätzlichen Kantendetektor vorzusehen, der z.B. mit einer optischen Anordnung arbeitet, um eine bessere Referenz bezüglich der Positionsbestimmung der Leiterbahnen 12 zu erhalten.

In Fig. 4 ist ein Diagramm wiedergegeben, das die gemessene Intensität der Röntgenstrahlung an der Stelle des Detektors 24 wiedergibt. Insofern besteht grundsätzlich Übereinstimmung mit dem Diagramm nach Fig. 2. Es ist erkennbar, daß ein Flachkabel abgetastet wurde, das eine größere Anzahl von Leiterbahnen aufweist als das Flachkabel 10 nach Fig. 1. Es ist außerdem erkennbar, daß die Intensität der empfangenen Röntgenstrahlung im Bereich reiner Isolation nicht 100% ist und im Bereich der Leiterbahnen auch nicht Null. Ein Einfluß der Isolation der Leiterbahnen ist mithin gleichwohl vorhanden. In dem Bereich 50 des Diagramms nach Fig. 4 befindet sich das Flachkabel außerhalb des Röntgenstrahls. Es tritt im Bereich 52 in den ersten Isolationsabschnitt des Flachkabels ein und wird bei 54 durch die erste Leiterbahn in seiner Intensität auf 20% reduziert. Der nächstfolgende Puls 56 zeigt den Anstieg zwischen benachbarten Leiterbahnen auf eine Intensität von etwa 95%. Die Vorgänge wiederholen sich bei der weiteren Abtastung des nicht gezeigten Flachkabels. In diesem Falle deuten die Abstände zwischen den Pulsen 56 die Abständen zwischen benachbarten Leiterbahnen an, und die Flanken der Pulse definieren die Lage der Leiterbahnen im Hinblick auf die eine Seitenkante, die in Fig. 4 mit 52 definiert ist.

Die Differenz zwischen den Pulsen und den Lücken 54 ergibt einen Intensitätswert  $d$ , der ein Maß für die Dicke des Leiters im Flachkabel ist. Es ist daher möglich, mit der beschriebenen Anordnung die Dicke des Leiters zu messen. Der Abstand zwischen der Intensität 100% gemäß 50 in Fig. 4 und den Pulsen 56 entspricht der Dicke  $d_i$  der Isolation. Man erkennt in Fig. 4 außerdem, daß der Pulsverlauf 56 bei den einzelnen Pulsen gezackt ist. Er kann auch einen konkaven Verlauf haben, woraus sich dann ableitet, daß die Abschnitte zwischen den benachbarten Leiterbahnen wegen Material-schrumpfung eingeschnürt sind.

Fig. 5 gibt ein Diagramm wieder für den Verlauf der Röntgenlumineszenzstrahlung bei einer Abtastung des Flachkabels gemäß Fig. 4, die etwa mit dem Detektor 26 nach Fig. 1 gemessen wird. Es ist zu erkennen, daß die einzelnen Pulse nicht exakt auf gleichem Niveau liegen. Dies ist durch ungenügende Bündelung der Röntgenstrahlung verursacht. Im Falle des Pulses 60 bzw. 61 wurde die Isolation über dem Leiter entfernt. Man erkennt mithin deutlich, daß die Intensität der empfangenen Röntgenlumineszenzstrahlung signifikant größer ist als beim Leiter mit vorhandener Isolation, wie bei 71 oder 70 angedeutet. Daher geben die Intensitätswerte der Lumineszenzstrahlung von den Leiterbahnen Aufschluß über die Dicke der darüberliegenden Isolation.

Es kann zweckmäßig sein, in der nicht weiter diskutierten und nicht gezeigten Auswertevorrichtung eine Mehrzahl von Meßwerten, die durch eine Mehrzahl von Ab-

tastvorgängen erzeugt werden, zu ermitteln und so zu behandeln, daß ein mittlerer Wert bestimmt wird, um statistische Schwankungen, Rauschen und Meßungenauigkeiten zu kompensieren.

Die Ausführungsform nach Fig. 6 gleicht der nach Fig. 1, daher sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Unterhalb des Flachkabels 10 ist eine Kupferfolie 80 angeordnet. Sie hat z.B. eine Dicke von 100  $\mu\text{m}$ . Bei der Röntgenbestrahlung des Flachkabels wird zum einen die Kupferfolie 80 geringer Dicke zur Lumineszenzstrahlung angeregt und die Leiterbahnen 12 werden ebenfalls, wie oben beschreiben, zur Lumineszenzstrahlung angeregt. Bei der Abtastung ergibt sich ein Diagramm, wie es in Fig. 7 angedeutet ist. Der Abstand zwischen den Pulsen 12 und einem Empfangspegel ohne Isolation ergibt die Wanddicke der Isolation oberhalb der Leiterbahnen. Der Abstand zwischen den Pulslücken und dem beschriebenen Niveau ergibt die Gesamtdicke der Isolation zwischen den Leiterbahnen 12, die mit  $w_{d1}$  bezeichnet ist.

Ein Röntgendetektor, wie der Detektor 24 nach Fig. 1, ist ebenfalls vorgesehen. Die Folie 80 schwächt die Röntgenstrahlung zwar ab, ihre Intensität unterhalb der Folie 80 reicht aber aus, den Detektor 24 anzuregen, um z.B. die Positionsbestimmung der Leiterbahnen zu bewerkstelligen.

Ansprüche:

1. Verfahren zur Bestimmung der Dicke der Isolation eines Flachkabels im Bereich der metallischen Leiterbahnen, dadurch gekennzeichnet, daß eine Seite des Flachkabels mittels eines Röntgenstrahls bestrahlt wird und ein Detektor auf der gleichen oder auf der gegenüberliegenden Seite des Flachkabels die Intensität der von der jeweiligen Leiterbahn abgestrahlten Röntgenlumineszenzstrahlung mißt, wobei der Detektor von der Röntgenstrahlung abgeschirmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erstreckung der Auftrefffläche des Röntgenstrahls auf dem Flachkabel quer zu diesem klein ist im Verhältnis zur Breite der Leiterbahn und der Isolation zwischen den Leiterbahnen und der Röntgenstrahl quer zur Längsrichtung des Flachkabels über das Flachkabel bewegt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgenstrahl bewegt wird und das Flachkabel in Querrichtung quasi stationär bleibt und der Detektor mit dem Röntgenstrahl bewegt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgenstrahl quer zum Flachkabel gebündelt oder mittels eines Kollimators in seiner Ausdehnung begrenzt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe der empfindlichen Fläche des Detektors ein Mehrfaches der Auftrefffläche des Röntgenstrahls auf das Flachkabel ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe eines Röntgendetektors die Intensität der Röntgenstrahlung auf der gegenüberliegenden Seite des Flachkabels gemessen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Röntgendetektor die Position der Kanten des Flachkabels ermittelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Röntgendetektor die Position der Leiterbahnen im Flachkabel ermittelt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Isolation zwischen benachbarten Leiterbahnen bzw. im Kantenbereich des Flachkabels mit Hilfe des Röntgendetektors ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtdicke des Flachkabels im Bereich der Leiterbahnen ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe eines separaten Kantendetektors die Position der Seitenkanten des Flachkabels ermittelt wird.
12. Vorrichtung zur Bestimmung der Dicke der Isolation eines Flachkabels im Bereich der metallischen Leiterbahnen, dadurch gekennzeichnet, daß eine Röntgenquelle (22) vorgesehen ist, deren Röntgenstrahl (30) auf eine Seite des Flachkabels (10) gerichtet ist, auf der gleichen und/oder gegenüberliegenden Seite des Flachkabels (10) ein für Röntgenlumineszenz empfindlicher Detektor (26) angeordnet ist, der mit einer Auswertevorrichtung für die Auswertung der Intensität der Lumineszenzstrahlung verbunden ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der für Röntgenlumineszenz empfindliche Detektor (26) auf der gleichen Seite des Flachkabels wie die Röntgenquelle angeordnet ist und auf der gegenüberliegenden Seite des Flachkabels eine metallische Platte oder Folie (80) angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Röntgenquelle (22) und dem Flachkabel (10) Mittel zur Erzeugung eines Röntgenstrahls (30) geringer Ausdehnung in Querrichtung des Flachkabels (10) vorgesehen sind.

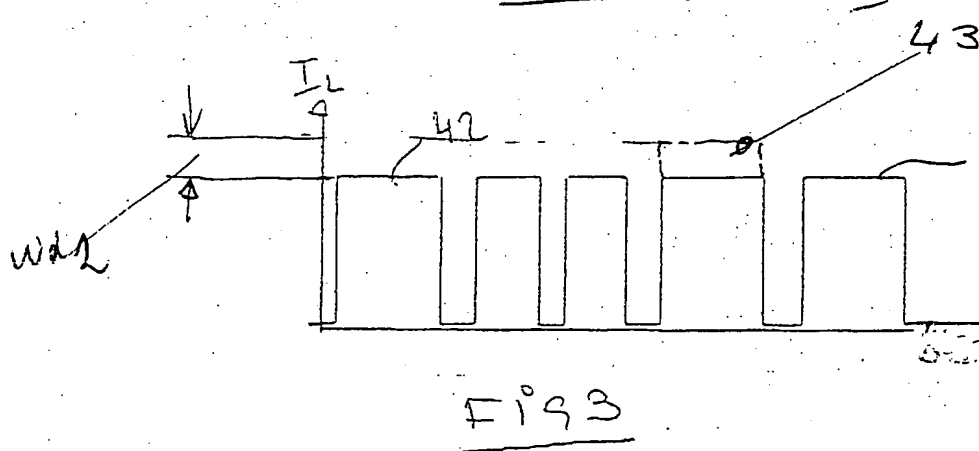
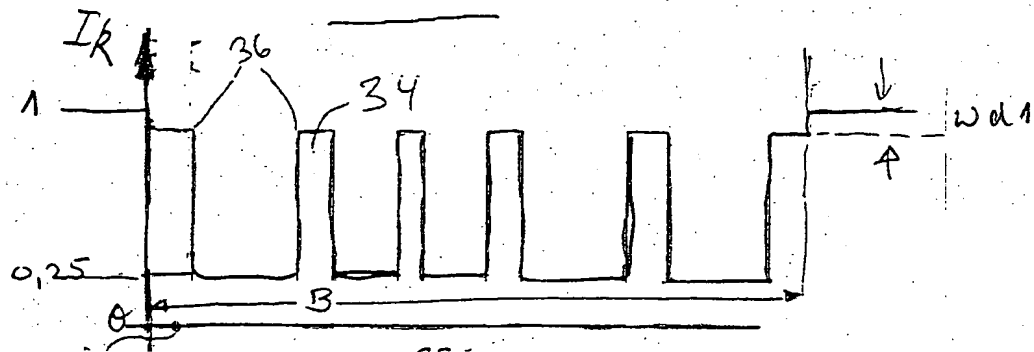
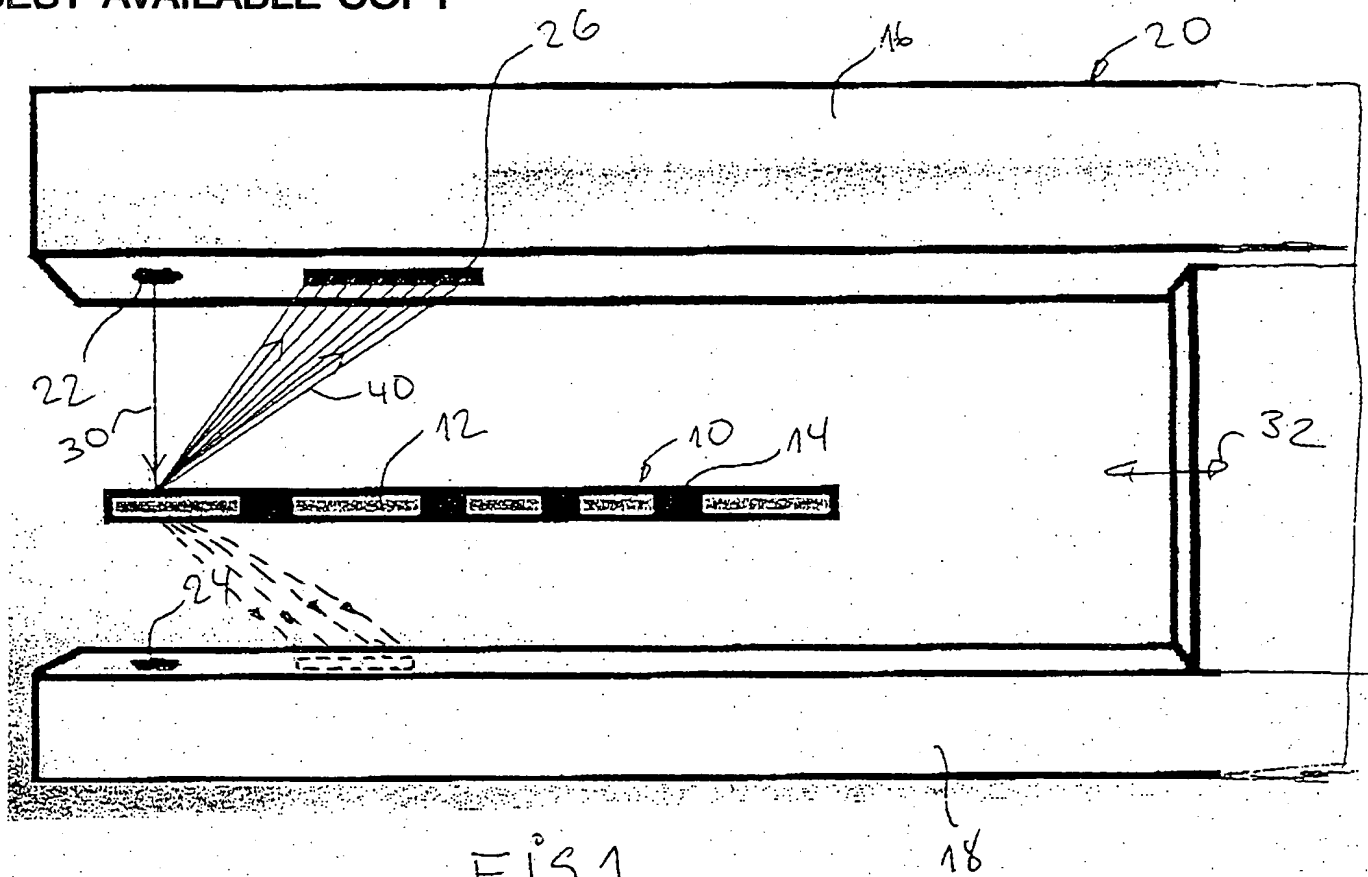
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel von einem Kollimator oder einer Vorrichtung zur Bündelung der Röntgenstrahlung gebildet sind.
16. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgenstrahl eine größere Fläche des Flachkabels bestrahlt und zwischen dem Flachkabel und dem Detektor Mittel angeordnet sind, durch welche die Empfangsfläche des Detektors in Querrichtung des Flachkabels gesehen, jeweils nur einen schmalen Bereich des Flachkabels betrachtet.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fördervorrichtung das Flachkabel (10) in eine erste Richtung vorbewegt und ein Halter (20) für die Röntgenquelle (22) senkrecht zur ersten Richtung in eine zweite Richtung bewegt wird und ein Halter für den Detektor synchron mit dem ersten Halter (20) bewegt wird.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß Röntgenquelle (22) und Detektor (26) an einem gemeinsamen Halter (20) angebracht sind, wobei der Röntgenstrahl und der Detektor (26) so ausgebildet sind, daß die empfindliche Fläche des Detektors (26) nur solche Röntgenlumineszenzstrahlung empfängt, die in Querrichtung des Flachkabels gesehen, jeweils von sehr schmalen Flächenabschnitten des Flachkabels ausgeht.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß Kollimator oder Vorrichtung zur Bündelung so ausgebildet sind, daß die Ausdehnung des Röntgenstrahls (30) in Längsrichtung des Flachkabels (10) um ein Mehrfaches größer ist als quer dazu.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß auf der der Röntgenquelle (22) gegenüberliegenden Seite des Flachkabels ein Röntgendetektor (24) angeordnet ist, der mit einer Auswertevorrichtung zur Auswertung der Intensität der Röntgenstrahlung verbunden ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgendetektor (24) in Abtastrichtung eine punktförmige Empfangsfläche aufweist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgendetektor ein Zeilensensor ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein separater Kantendetektor vorgesehen ist.



### Zusammenfassung

Verfahren zur Bestimmung der Dicke der Isolation eines Flachkabels im Bereich der metallischen Leiterbahnen, wobei eine Seite des Flachkabels mittels eines Röntgenstrahls bestrahlt wird und ein Detektor auf der gleichen oder auf der gegenüberliegenden Seite des Flachkabels die Intensität der von der jeweiligen Leiterbahn abgestrahlten Röntgenlumineszenzstrahlung mißt, wobei der Detektor von der Röntgenstrahlung abgeschirmt wird.



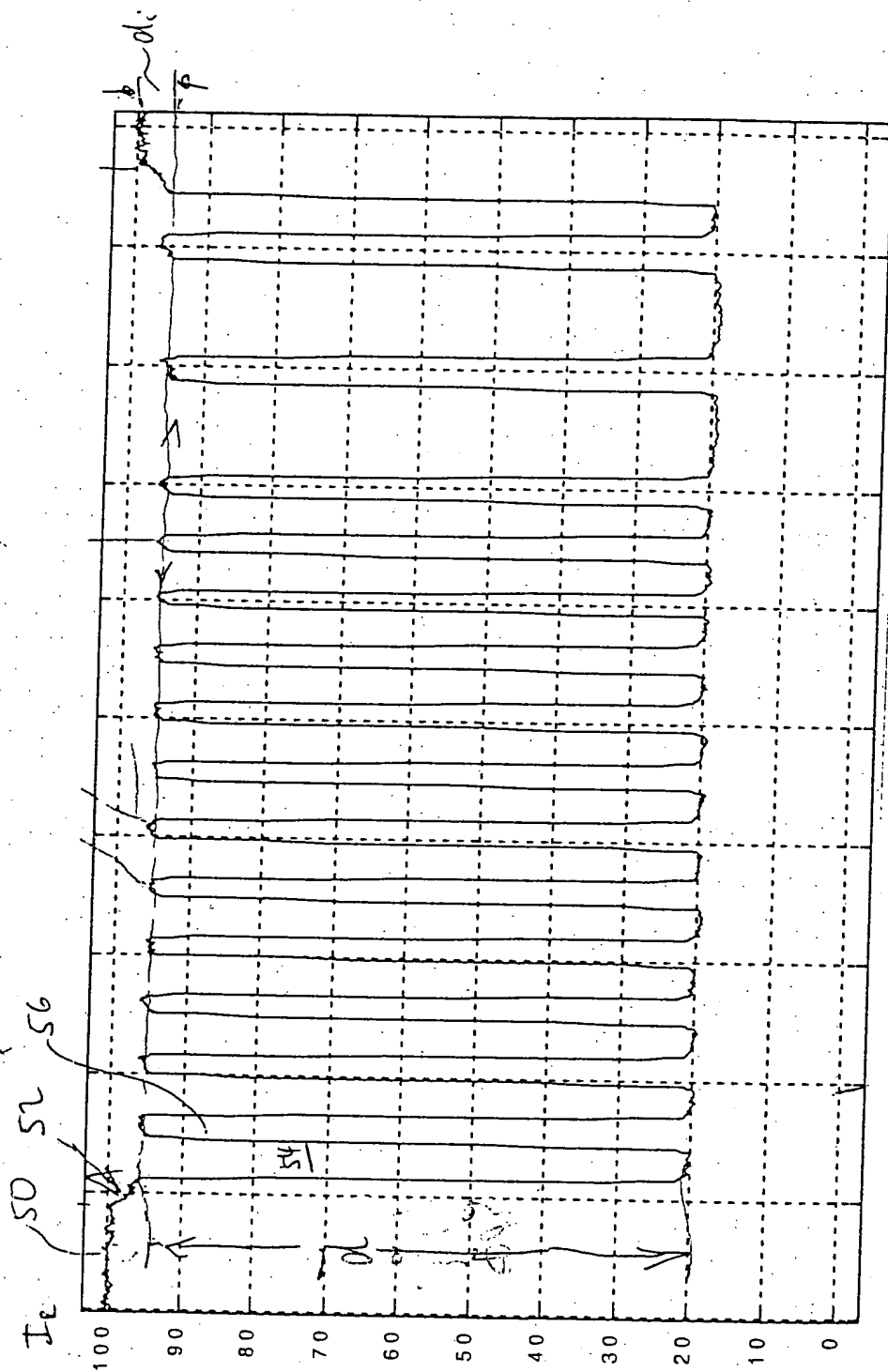


Fig 4

BEST AVAILABLE COPY

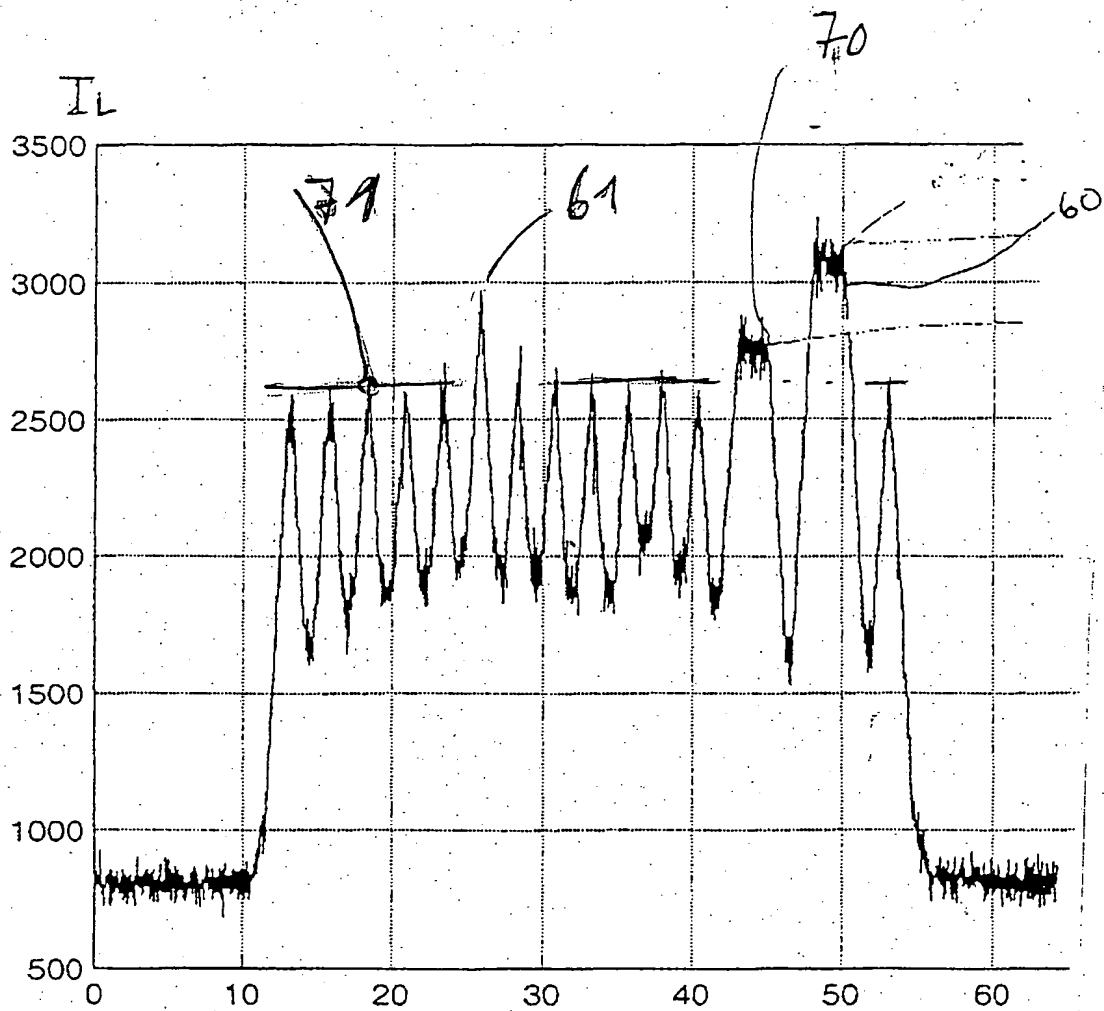


Fig 5

